

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по научной работе
Петербургского Института Ядерной
Физики им. Б.П.Константинова
Национального исследовательского
центра «Курчатовский институт»



В.Ф. Ежов

В.Ф. Ежов
март 2014 г.

Отзыв

ведущей организации

Петербургский институт ядерной физики им. Б.П.Константинова
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
на диссертацию Гикала Бориса Николаевича
«Новое поколение циклотронов тяжелых ионов для прикладных
исследований и промышленного применения»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических
наук по специальности 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и
ускорительная техника.

Фундаментальные исследования взаимодействия быстрых ионов с веществом показали, что ионы имеют большие линейные потери энергии. Как известно, этот процесс инициирует возбуждение атомов и приводит к ряду специфических эффектов. А именно, к формированию ионных треков, в области которых могут развиваться процессы локального плавления твердых веществ, к аморфизации, к созданию фаз высокого давления, а также к генерации ударных волн и даже к разрушению материалов.

Детальное изучение подобных эффектов привело к развитию целого направления научно-прикладных исследований в ядерной физике и стало важнейшей основой для создания новых ядерных технологий в промышленности, биологии и медицине.

Исследования по модификации материалов тяжелыми ионами, а также производство трековых мембран, получили широкое развитие в научных ядерно-физических центрах многих стран мира. Большинство работ в этой области сначала были выполнены на мощных ускорителях, имеющих ту или иную специфику и разработанных, прежде всего, для выполнения широкого спектра фундаментальных научных исследований.

Поэтому в настоящее время особенно актуальна задача создания специализированных ускорителей тяжелых ионов, позволяющих внедрять наукоемкие технологии путем прямого применения ускорителей в

технологических процессах. Причем такие ускорители должны отличаться высокой надежностью и простотой в обслуживании, стабильностью требуемых для тех или иных процессов параметрами, а также большим временем непрерывной работы.

В Лаборатории Ядерных Реакций Объединенного Института Ядерных Исследований (ЛЯР ОИЯИ) реализована целевая программа по разработке специализированных циклотронов тяжелых ионов для производства трековых мембран и прикладных исследований.

В диссертации Гикала Б.Н. «Новое поколение циклотронов тяжелых ионов для прикладных исследований и промышленного применения», выполненной в этой лаборатории, представлены физические принципы, концепция разработки и результаты проектирования циклотронов для ускорения тяжелых ионов с использованием системы аксиальной инжекции пучка из внешнего источника. На базе проведенных исследований создана серия специализированных циклотронов тяжелых ионов на энергию до 2,5 МэВ/нуклон.

Практическими результатами работы является созданная впервые в отечественных научных центрах и центрах стран-участниц ОИЯИ система аксиальной инжекции пучка ионов, реализованная на циклотроне У-200, которая стала концептуальным решением для разработки подобных систем на циклотронах тяжелых ионов ЛЯР. Выполнен проект глубокой модернизации первого в мире специализированного циклотрона тяжелых ионов ИЦ-100. Произведен переход от внутреннего источника ионов типа РIG к системе внешней инжекции из ЭЦР источника. Получены пучки ускоренных ионов неона, аргона, железа, криптона, йода, ксенона, вольфрама с энергией 1-1,2 МэВ/нуклон, которые используются для производства трековых мембран и исследований в области физики твердого тела.

Создан специализированный циклотронный комплекс тяжелых ионов ДЦ-60 с плавной вариацией энергии для научного центра при Университете им. Л.Н.Гумилева в Астане. Получены пучки ускоренных ионов с энергией от 0,35 до 1,77 МэВ/нуклон. На циклотроне ведутся прикладные исследования, обучаются студенты и аспиранты. Налажено серийное облучение полимерной пленки для производства трековых мембран.

Разработан и применен комплексный метод для формирования магнитной системы изохронного циклотрона ДЦ-60. Магнитная структура циклотрона позволяет за счет изменения магнитного поля плавно варьировать энергию ускоренных пучков ионов в пределах $\pm 25\%$ от номинальной, что является важным преимуществом циклотрона при проведении физических исследований.

Разработан и создан специализированный высокоинтенсивный циклотрон ДЦ-110 для использования в технологическом производственном процессе. На ускорителе получены пучки ионов Ar, Kr, Xe с энергией 2,5 МэВ/нуклон и интенсивностью свыше 10 мкА. Ускоритель способен облучать в год более 2 миллионов квадратных метров полимерной пленки

для изготовления трековых мембран. ДЦ-110 вошел в состав промышленного комплекса «БЕТА», созданного для производства каскадных плазмаферезаторов крови на основе технологии трековых мембран.

Диссертация Гикала Б.Н. имеет большую практическую ценность, в первую очередь благодаря тому, что разработанные автором новые подходы к созданию компактных циклотронов тяжелых ионов позволили построить серию ускорителей прикладного назначения, которые успешно используются в промышленности. Нужно отметить, что ускорители типа изохронного циклотрона ДЦ-60 хорошо вписываются в тематику научных центров при университетах, поскольку открывают широкие возможности для научных и прикладных исследований в различных областях науки и техники, а также могут быть включены в учебный процесс для выполнения лабораторных и научно-исследовательских работ на действующих физических установках. Дополнительным преимуществом такого ускорителя является низкая энергия ускоренных ионов на ДЦ-60, что делает установку безопасной в радиационном отношении.

Вклад автора как исследователя научно-технического руководителя проектов создания ИЦ-100, ДЦ-60 и ДЦ-110 в достижение результатов, изложенных в диссертации, является определяющим. Здесь уместно напомнить, что первые материалы, полученные в ходе создания и исследования системы аксиальной инжекции пучка У-200, были положены в основу кандидатской диссертации Б.Н. Гикала. Именно эта система аксиальной инжекции пучка, впервые созданная в нашей стране на циклотроне У-200, во многом определила в последующие годы направление развитие циклотронов тяжелых ионов в ОИЯИ и других научных центрах.

Работы по созданию системы аксиальной инжекции пучка в циклотрон У-200, модернизации циклического имплантатора ИЦ-100 (2006 г.), созданию циклотронных комплексов ДЦ-60 (2007 г.) и ДЦ-110 (2013 г.) отмечены первыми премиями на конкурсах научных работ ОИЯИ.

Помимо научной ценности диссертационной работы нельзя не отметить, что в Лаборатории Ядерных Реакций им. Г.Н. Флерова при непосредственном участии соискателя создана организационная схема взаимодействия российских и зарубежных предприятий и фирм, позволяющая в короткие сроки (за 2-3 года) создавать подобные ускорители от проекта до монтажа и ввода в эксплуатацию.

Диссертационная работа изложена четким и понятным научно-техническим языком, очень хорошо иллюстрирована, сделаны четкие акценты на наиболее важные результаты.

К сожалению, диссертация не свободна от некоторых опечаток и повторов. Представляется необходимым сделать также следующие замечания:

1. Несмотря на то, что погрешность измерения параметров, приведенных в диссертации, в большинстве случаев хорошо известна, на графиках необходимо указывать диапазон ошибок измерений.

2. Представляется не вполне логичным, что разности магнитных полей, составляющие несколько гаусс, приводятся в диссертации в теслах. То же самое сделано в работе и для паразитных гармоник с амплитудой в несколько десятков гаусс.

Указанные недостатки не снижают общей высокой оценки научной и практической ценности работы и ее результатов.

Представленная диссертация является завершенной работой на актуальную и важную тему, результаты диссертации внедрены в практику: успешно работает модернизированный циклический имплантатор ИЦ-100 в ЛЯР ОИЯИ; циклотрон ДЦ-60 используется для прикладных исследований в научном центре при Евразийском национальном университете им. Л.Н.Гумилева в Астане; циклотрон ДЦ-110 в г. Дубна работает как промышленная установка в составе комплекса «БЕТА», созданного для промышленного производства медицинского оборудования.

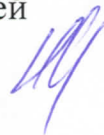
Работы соискателя опубликованы в ведущих журналах рекомендованных ВАК и хорошо известны специалистам, как в нашей стране, так и за рубежом, неоднократно докладывались на российских и международных конференциях и Зимних Школах ПИЯФ.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа «Новое поколение циклотронов тяжелых ионов для прикладных исследований и промышленного применения» удовлетворяет всем требованиям Положения ВАК Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, а ее автор Б.Н. Гикал, несомненно, заслуживает присуждения искомой степени.

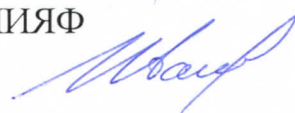
Материалы докторской диссертации Гикала Б.Н. доложены и обсуждены на семинаре Ускорительного Отдела и Отделения Перспективных Разработок ПИЯФ и получили положительную оценку.

Доктор физ.-мат.наук, заведующий Лабораторией
радиационной Физики УО ПИЯФ



/ Иванов Н.А./

Заведующий Ускорительным Отделом ПИЯФ
кандидат технических наук



/ Иванов Е.М./

Ученый секретарь ПИЯФ,
кандидат физ.-мат. наук



/ Зобкало И.А./